

ONDERZOEK CRUCIAAL BIJ PLAATSIJNG VAN BORSTWERING MET GLASVULLING

HERZIENING VAN NORMEN VOOR BORSTWERINGEN MET GLASVULLINGEN DOOR NIEUWE ONTWIKKELINGEN

Borstweringen in aluminium met glasvullingen zijn constructies die de laatste jaren een grote opmars hebben gemaakt, dit mede door hun transparantie en het innovatieve onderzoek die deze constructies mogelijk maakt.

Dit artikel gaat in op een aantal specifieke eigenschappen en eisen die aan dergelijke 'kunstwerken' worden gesteld.

Door ir. Cyriel Clauwaert (directeur Aluminium Center Belgium)



Bij borstweringen die enkelzijdig worden ingeklemd, is het vulelement enkel onderaan ingeklemd over de volledige breedte van de borstwering

BIJZONDERE EISEN BEGLAZING

Het glas in borstweringen dient aan de volgende bijzondere eisen voldoen:

- Het moet gaan om gelaagd veiligheidsglas – al dan niet thermisch gehard.
- De zichtbare randen moeten geslepen worden.
- In het geval van gelaagd glas waarbij alle componenten thermisch gehard zijn, moet er een regel voorzien worden die de glasranden beschermt tegen schokken en die de beglazing op haar plaats houdt bij de breuk van een van haar samenstellende glasplaten.

De NBN-normcommissie heeft bij de herziening van NBN B03-004 vastgesteld dat er heel wat

nieuwe ontwikkelingen gebeuren m.b.t. de glasvullingen en dat deze dienen opgenomen te worden in de lopende herziening 2012 en dit in relatie met de norm NBN S23-002-1 'Glaswerk' die momenteel wordt aangevuld met een volume 2 en 3. We stellen in dit artikel de type uitvoeringen voor die momenteel worden geproduceerd en geplaatst. Hierbij wordt dan ook door de sector heel wat ontwikkelings- en studiewerk verricht om in afwachting van deze reglementeringen aan de vraag van de markt te kunnen beantwoorden.

BELASTINGEN

In het eerste artikel i.v.m. borstweringen werd hierop reeds

ingegaan, enkel de voor dit type belangrijke aspecten worden toegelicht.

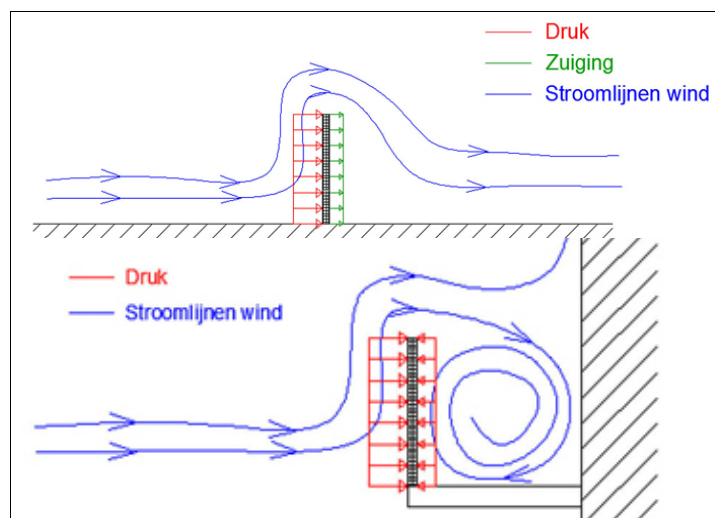
Windbelasting

Bij borstweringen uitgevoerd met glas kan de winddruk zich volledig ontwikkelen. Als men dit opnieuw uitdrukt volgens de soliditeit van de borstwering bekomt men de ontwikkeling van de winddruk zoals weergegeven in de onderstaande **figuur 1**.

Beproevingen van balustrades met glasvulling

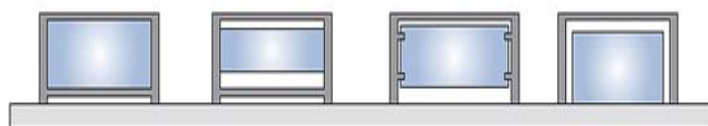
In de sector zijn een aantal innovatieve onderzoeken verricht voor deze types. Hier wordt vaak gebruikgemaakt van software voor eindige elementen om de weerstand te bepalen, van zowel verankeringen, componenten als

vulelementen. Complementair of als alternatief voorziet de norm NBN B03-004 eveneens de optie om het gedrag van de borstwering door beproeving aan te tonen. Vaak is deze beproeving noodzakelijk om een aantal onbekenden of de weerstand van moeilijk berekenbare elementen te begroten. Enkel de zachte slagproef is van toepassing op balustrades met glasvulling. Het is belangrijk om het onderscheid te maken tussen glas dat gebruikt wordt als vulelement en glas dat gebruikt wordt als structureel element. Het impactlichaam bij de zachte schokproef bestaat uit een cilinder in staal uitgerust met twee banden, met een totale massa van 50 kg, conform de NBN EN 12600. De te bereiken

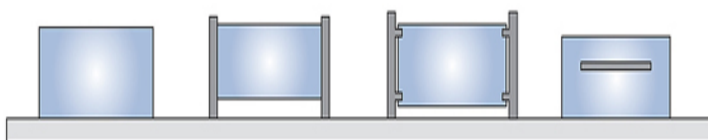


Figuur 1: Ontwikkeling van winddruk bij glazen borstweringen. Studies hebben aangetoond dat de winddruk zich niet volledig ontwikkelt op balustrades waarachter zich een balkon bevindt

Gebruik van borstweringen als vulelement

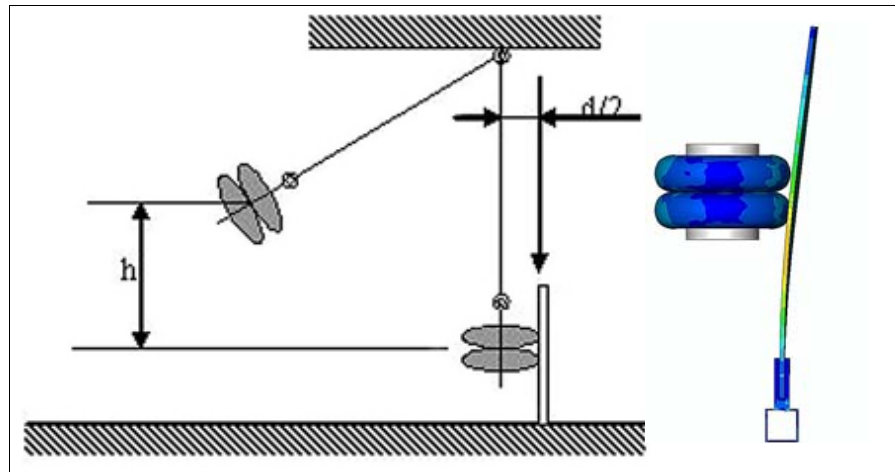


Gebruik van borstweringen als structureel element



Het is belangrijk om het onderscheid te maken in type borstwering. Het glas kan gebruikt worden als vulelement of als structureel element

PROEFOPSTELLING			
GEBRUIK VAN HET BOUWWERK			VALHOOGTE IN MM
A	Residentiële gebouwen	Private gedeelten en private huizen	300
B	Kantoren		450
C	Vergaderplaatsen	C1 Met tafels uitgeruste ruimten: bv.: scholen, cafés, restaurants, banket-, lees- en receptie-zalen ...	700



De te bereiken valhoogte is vastgelegd en houdt verband met de bestemming of het gebruik van het gebouw

Het impactlichaam bij de zachte schokproef bestaat uit een cilinder in staal uitgerust met twee banden, met een totale massa van 50 kg, conform de NBN EN 12600

valhoogte is vastgelegd en houdt verband met de bestemming of het gebruik van het gebouw. De producenten van borstweringen beschikken zelf over een dergelijke proefopstelling om de weerstand bij projecten aan te tonen.

TYPES GLAZEN BORSTWERINGEN

Vierzijdig ingeklemde beglazing

Bij de vierzijdig ingeklemde beglazing wordt vaak verwezen naar de classificatie van de beglazing die opgegeven is door de glasfabrikant. Omdat de afmetingen bij de laboratoriumproeven meestal niet overeenstemmen met de projectafmetingen blijft het evenwel aanbevolen om de proef op de gehele borstwering met al zijn componenten uit te voeren. Merk ook op dat enkel de valhoogte van 450 mm in beide reglementeringen (EN12600 vs. NBN B03-004) overeenkomt.

Schokbestendigheid

De schokbestendigheid van glas wordt volgens de norm EN 12600 bepaald. De prestaties van beproefde

glasproducten worden uitgedrukt door een combinatie van de valhoogten en breukwijzen die samen een mogelijkheid geven tot het classificeren van glaspanelen:

$$\alpha (\beta) \phi,$$

α = de grootste valhoogte waarbij het glas niet breekt of breekt in overeenstemming met criteria A of B

β = de breukwijze

ϕ = de grootste valhoogte waarbij het glas niet breekt of breekt in overeenstemming met alleen criterium A. Indien het glas breekt bij de kleinste valhoogte (190 mm) en het criterium A niet gerespecteerd wordt, neemt het waarde 0 aan.

De zachte slagproef

De zachte slagproef gedefinieerd in de proefnorm EN 12600 is enkel van toepassing op glaspanelen met gestandaardiseerde afmetingen waar de breedte en de hoogte respectievelijk 876 mm en 1.938 mm zijn. Deze glaspanelen zijn rondom langs de zijden ingeklemd. Indien de slagproef op borstweringen wordt uitgevoerd, wordt er niet voldaan

aan deze gestandaardiseerde afmetingen en randvoorwaarden. Hierdoor is de slagproef op borstweringen niet conform de norm EN 12600.

De slagproef op de borstwering wordt echter wel uitgevoerd met een impactlichaam uit de norm. Ook de impacthoogtes waaraan de borstwering moet voldoen, zijn niet gelijk aan de valhoogtes die gedefinieerd zijn in de norm.

Tweezijdig ingeklemd

Het vulelement wordt weliswaar aan twee zijden ingeklemd in de borstwering maar wordt nog steeds als vulelement beschouwd. De inklemming kan gebeuren langsheen de horizontale regels/handgreep of volgens de verticale spijlen, al dan niet met puntvormige bevestigingen. Momenteel loopt er in samenwerking met de hogeschool Lessius - De Nayer een onderzoek naar het gedrag van borstweringen met glasvullingen en een dergelijke opbouw werd ook experimenteel beproefd bij de fabrikant. Het ging hierbij om een element over een hoogte van 880 mm, gevat in de spijlen en een totale hoogte van 1.140 mm

bovenop de afgewerkte vloer; de breedte tussen de spijlen bedraagt 1.015 mm en de gelaagde beglazing is uitgevoerd als een 6.6.4 (tweemaal glas van 6 mm met viermaal een PVB-folie van 0,38 mm). Het systeem biedt de mogelijkheid om een handgreep aan te brengen achter de glasplaat op de verticale spijl. Bij de proefopstelling wordt gebruikgemaakt van accelerometers en snelheidsmeters die op verschillende plaatsen werden aangebracht om:

- het gedrag van de glasplaat te simuleren bij verschillende valhoogtes;
 - het absorberende vermogen te bepalen van de verticale stijlen in functie van hun buigrigiditeit (EI) uitgedrukt in N.mm².
- De vergelijking van de metingen en de berekeningen toont aan dat:
- de absorptie van de energie in de stijlen en verankeringen in de praktijk leidt tot een glasbreuk bij 700 mm valhoogte, bij de theoretische berekening is dit slechts 300 mm;
 - het gedrag van de borstwering complex verloopt in functie van de valhoogte.

CRITERIA GLASBREUK	
CRITERIUM A	Er ontstaan verschillende scheuren, maar geen enkele opening of scheur laat een kogel met een diameter van 76 mm door waarop een maximale kracht van 25 N uitgeoefend wordt. Als er stukken loskomen tot 3 minuten na de impact, mag hun totale gewicht niet groter zijn dan een gewicht dat overeenstemt met 10.000 mm ² van het oorspronkelijke proefstuk. Het grootste losgekomen stuk moet minder wegen dan een massa die overeenstemt met 4.400 mm ² van het oorspronkelijke proefstuk
CRITERIUM B	Het glas verbrijzelt en het gecumuleerde gewicht van de tien grootste stukken die loskomen tot drie minuten na de impact mag niet groter zijn dan een gewicht dat overeenstemt met 6.500 mm ² van het oorspronkelijke proefstuk

CLASSIFICATIE VAN IMPACTNIVEAUS	
IMPACTNIVEAU	VALHOOGTE
3	190 mm
2	450 mm
1	1.200 mm

BEGRIJPMIJZEN VOLGENS DE NORM EN 12600		
B	Scheuren met	
A	Samenhangende fragmenten (gehard glas of chemisch gehard glas)	
C	Versplintering in kleine stukjes (thermisch gehard glas). Bij de andere types (eenzijdig, tweezijdig en driezijdig) zijn er berekeningen en beproevingen noodzakelijk. In het kader van dit artikel bespreken we respectievelijk de types tweezijdig (glas als vulelement) en eenzijdig ingeklemd (glas als structureel element).	

RIGIDITEIT VAN SGP FOLIE								
T	t	1S	3S	1 MIN	1 U.	1 DAG	1 MND	10 J.
10°C		240	236	225	206	190	171	153
20°C		217	211	195	169	146	112	86,6
24°C		200	193	173	142	111	73,2	43,3
30°C		151	141	110	59,9	49,7	11,6	5,31
40°C		77	63,0	30,7	9,28	4,54	3,29	2,95
50°C		36,2	26,4	11,3	4,20	2,82	2,18	2,00
60°C		11,8	8,18	3,64	1,70	1,29	1,08	0,97
70°C		3,77	2,931	1,88	0,84	0,59	0,48	0,45
80°C		1,55	1,32	0,83	0,32	0,25	0,21	0,18

Om de rigiditeit van een folie uit te drukken, wordt gebruikgemaakt van de glijdingsmodulus G die functie is van de belastingsduur t en temperatuur T

De definitieve conclusies zijn op het ogenblik van publicatie nog lopende.

Enkelzijdig onderaan ingeklemd

Het vulelement is enkel onderaan over de gehele breedte van de borstwering volledig ingeklemd. Hierbij wordt het glas gezien als een structureel element en niet als een vulelement.

Dit ontwerp was enkel mogelijk na heel wat onderzoek m.b.t.:

- de ontwikkeling van innovatieve aluminium systemen voor plaatsing en naregeling van de beglazing;
- de berekeningen van eindige elementen;
- de beproevingen en simulaties;
- het gebruik van nieuwe folies zoals SentryGlas Plus (SGP) met een grotere rigiditeit dan PVB-folies.

Deze nieuwe folies bieden heel wat voordelen:

- UV-bestendigheid;
- geen randbescherming tegen waterinfiltraties;
- een zeer grote weerstand tegen schokbelasting.

Indien de rand van een PVB-beglazing niet is beschermd tegen indringend vocht kan deze

na enkele jaren een witte kleur aannemen en ontsiert deze de esthetiek van de borstweringen. SGP is een ionoplast en behoort tot de groep van de semikristallijne thermoplasten. Dit materiaal kan perfect gebruikt worden zonder randbescherming. SGP is een materiaal dat pas sinds 2002 in Europa in gebruik is. Voordien werd het gebruikt in de Verenigde Staten, als tussenlaag in gebieden met extreme weersomstandigheden. De leverbare laagdiktes variëren tussen 1,52 en 2,28 mm met een tolerantie van +/- 0,13 mm. Ondanks zijn goed mechanisch gedrag blijft het ionoplast een visco-elastisch materiaal. Om de rigiditeit uit te drukken, wordt gebruikgemaakt van de glijdingsmodulus G die functie is van de belastingsduur T en de temperatuur t :

$$G(t, T) = \frac{\tau}{\gamma(t, T)}$$

Niet alleen onder kruipbelasting, maar ook onder schokbelasting vertoont deze glassamenstelling een uitzonderlijk goed gedrag.



Vergelijking van een schokproef op glas met een SGP folie t.o.v. een PVB-folie (rechts)

Enkel met folies met een dergelijke hoge glijdingsmodulus was het mogelijk om bij beproeving het glas na de schokbelasting te laten terugveren naar zijn initiële positie.

UITVOERING EN RICHTLIJNEN BIJ PLAATSING

Bij de correcte uitvoering van aluminium borstweringen zijn er een aantal belangrijke stappen die moeten worden gehanteerd:

- de bepaling van de weerstandseisen gesteld volgens de norm (windbelasting, horizontale belasting, schokproef);
- de bepaling van de structuur en de glasdikte, theoretisch of experimenteel;
- de controle en aanpassing van de verankering volgens de ondergrond; bij renovatie worden meer en meer proeven in situ uitgevoerd om de weerstand van de structuur te controleren en de methode van verankering aan te passen;
- de opmeting van de werfsituatie en controle van maatafwijkingen en toleranties;
- de samenwerking met de

architect, de opdrachtgever, de hoofdaannemer en andere gespecialiseerde vaklieden zoals dakwerkers en constructeurs die nodig zijn om de werf tot een goed resultaat te leiden.

Men kan dan ook stellen dat dit in de bouwsector enkel door professionals correct kan worden uitgevoerd.

BESLUITEN

Aluminium balustrades met glasvullingen zijn in volledige ontwikkeling en beantwoorden aan de huidige architecturale trends om meer transparante constructies te creëren. Heel wat onderzoekswerk is nodig om het gedrag en de weerstand van deze constructies te begroten. De professionele constructeurs worden geconfronteerd met heel wat uitdagingen om deze hoogtechnologische constructies in de ruwbouw correct te plaatsen. In de toekomst zullen de diverse types uitgebreider worden opgenomen in de reglementering. □

Met dank aan Aluform, Indurium, Maene, Mavaro, hogeschool Lessius - De Nayer en de leden van de werkgroep AluCB



Het inklemmen kan gebeuren langsheen de horizontale regels/handgreep of via de verticale spijlen

PRAKTIJKVOORBEELD

Op deze werf werden geen prefab betonnen balkons gebruikt, maar ter plaatse gestorte balkons. Door het ter plaatse storten, heeft het beton een grillig karakter waardoor de afwerkingsgraad niet toeliet deze onafgewerkt te laten. Tevens diende er in hout een opstand te worden gemaakt op het terras om de waterhuishouding en terrasafwerking mogelijk te maken. Hiertoe werd een **houten onderstructuur** gebouwd, die



volledig werd afgewerkt met een **aluminium bekleding**. De binnenzijde van het terras werd vervolgens door de dakwerker van een waterdichte rok voorzien en volledig uitbekleed. Doorheen de aluminium bekleding werd de borstwering bevestigd en waterdicht afgewerkt in uitkraging t.o.v. deze afwerking. Dit project bevatte heel wat ontwerp- en berekeningswerk en uitvoeringsaspecten. Bovendien diende de alignering van de borstwering, de frontale beplating volgens horizontale en verticale aslijnen, perfect uitgevoerd te worden door naregeling in de diverse onderdelen.

